

PENERAPAN MEMBRAN MIKROFILTRASI PADA PEMURNIAN EKSTRAK KALDU KACANG HIJAU (*Phaseolus radiatus* L.) SEBAGAI FORTIFIKAN PRODUK MAKANAN

Aspiyanto dan Agustine Susilowati

Pusat Penelitian Kimia - Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Kawasan PUSPIITEK, Serpong, Tangerang Selatan – 15314, Banten

INTISARI

Dalam pembuatan ekstrak kaldu kacang hijau (*Phaseolus radiatus* L.) sebagai bahan fortifikan produk makanan melalui pemurnian membran mikrofiltrasi (MF), kondisi operasi pemisahan mempunyai peranan penting. Penerapan modul membran MF merupakan kelanjutan proses pemurnian dari skala kecil (sel MF berpengaduk, luas membran 30,175 cm²) ke skala bench (modul MF cross-flow, luas membran 360 cm²). Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh laju alir dan tekanan operasi berbeda terhadap komposisi konsentrat/retentat dan permeat dari pemurnian ekstrak kaldu kacang hijau sebagai bahan fortifikan produk makanan dengan citarasa dasar gurih (umami atau savoury). Pembuatan ekstrak kaldu kacang hijau dilakukan dengan melewati ekstrak kaldu kacang hijau kasar ke modul membran MF masing-masing pada frekuensi motor pompa 10 dan 20 Hz, suhu kamar serta tekanan operasi 2, 4 dan 6 bar. Pengamatan dilakukan terhadap nilai fluks permeat serta analisa dilakukan terhadap konsentrat/retentat dan permeat, yang meliputi konsentrasi padatan total, padatan terlarut, protein total, protein terlarut, N-amino dan garam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa frekuensi motor pompa dan tekanan operasi berpengaruh terhadap komposisi konsentrat/retentat dan permeat. Peningkatan frekuensi motor pompa dan tekanan operasi meningkatkan komposisi permeat, namun cenderung hampir sama pada konsentrat/retentat. Kombinasi perlakuan untuk frekuensi motor pompa 20 Hz dan tekanan operasi 2 bar menghasilkan konsentrat/retentat dengan komposisi terbaik sebagai hidrolisat protein dengan konsentrasi padatan total 3,98 %, padatan terlarut 6,05 %, protein total 5,65 %,

protein terlarut 5,3 mg/mL, N-amino 0,95 mg/mL dan garam 2,04 %, sedangkan permeat memberikan nilai fluks 32,19 L/m².jam dengan konsentrasi padatan total 5,74 %, padatan terlarut 5,04 %, protein total 4,51 %, protein terlarut 4,05 mg/mL, N-amino 1,08 mg/mL dan garam 2,2 %, serta memiliki potensi penting sebagai flavor savoury makanan.

Kata Kunci : Kaldu kacang hijau (*Phaseolus radiatus* L.), mikrofiltrasi (MF), konsentrat/retentat, permeat, hidrol

ABSTRACT

In preparation of mung bean (*Phaseolus radiatus* L.) broth extract as fortificant agent of food products via purification by means of microfiltration (MF) membrane, operation conditions have important role. Application of MF membrane modul is a further process of purification from small scale (Stirred MF cell, 30.175 cm² of membrane area) to bench-scale (Cross-flow MF modul, 360 cm² of membrane area). The main goal of this work was to find out effect of flow rate of material and operation pressure on compositions of concentrate/retentate and permeate from mung bean broth extract as savoury (umami)-based fortificant agent of food products. Preparation of mung bean broth extract was conducted by introducing broth extract of crude mung bean to Cross-flow MF modul at pump motor frequency of 10 and 20 Hz, room temperature and operation pressure of 2, 4 and 6 bar, respectively. Investigation was performed on permeate flux value, and analysis was conducted on concentrate/retentate and permeate, covering on total solids, dissolved solid, total protein, dissolved protein, N-amino and salt. The result of experiment showed that pump motor frequency

and operation pressure affect on concentrate/retentate and permeate compositions. Increase of pump motor frequency and operation pressure increase permeate composition, but they tend to be almost similar on concentrate/retentate of mung bean broth extract. Treatment combination at pump motor frequency of 20 Hz and operation pressure of 2 bar generated the best composition of concentrate/retentate as hydrolyzed vegetable protein (HVP) with concentrations of total solids of 3.98 %, soluble solid of 6.05 %, total protein of 5.65 %, dissolved protein of 5.3 mg/mL, N-amino of 0.95 mg/mL and salt of 2.04 %, while permeate gave flux value of 32.19 L/m².hour with concentrations of total solids of 5.74 %, soluble solid of 5.04 %, total protein of 4.51 %, dissolved protein of 4.05 mg/mL, N-amino of 1.08 mg/mL and salt of 2.2 %, and had useful potency as food savoury flavor.

Keyword : Mung bean (*Phaseolus radiatus* L.) broth, microfiltration (MF), concentrate/retentate, permeate, hydrolysate.

PENDAHULUAN

Produk-produk pangan fungsional perlu dikembangkan karena memiliki potensi dan prospek menguntungkan serta meningkatkan nilai tambah ekonomi. Secara umum, produk-produk pangan fungsional terbagi kedalam tiga kelompok produk, seperti bakery dan snack, susu dan minuman. Meskipun konsep pangan fungsional baru diperkenalkan dalam dua dekade terakhir, sudah banyak jenis pangan tradisional yang telah memenuhi persyaratan dan kriteria sebagai pangan fungsional⁽¹⁾. Diantara bahan baku pangan fungsional yang memiliki potensi untuk dikembangkan adalah pangan berbahan kacang hijau (*Phaseolus radiatus* L.) karena pada umumnya penelitian tentang atribut gizi kacang hijau relatif masih sedikit kecuali kedelai. Kacang hijau (mung bean) merupakan tanaman yang tumbuh hampir di semua tempat di Indonesia. Selama ini, kacang hijau hanya dikonsumsi dalam olahan pangan siap saji secara langsung, seperti bubur, minuman, penganan dan kecambah kacang hijau.

Guna mendiversifikasikan menjadi produk olahan pangan yang memiliki karakteristik fungsional dan masa simpan lama, maka komoditas kacang hijau perlu diolah lebih lanjut melalui berbagai cara, seperti fraksinasi, fermentasi dengan bantuan mikroorganisme menjadi komponen-komponen protein, karbohidrat dan lemak dalam hidrolisat protein nabati berbahan kacang hijau serta pemisahan, pemurnian dan pemekatan melalui sistem membran^(2,5).

Hidrolisat protein nabati berbahan kacang hijau merupakan salah satu diversifikasi produk pangan melalui proses fermentasi kacang hijau dengan bantuan kapang *Aspergillus* sp. dan *Rhizopus* sp. Hidrolisat protein nabati berbahan kacang hijau dapat digunakan sebagai bahan fortifikasi produk pangan. Citarasa produk ini ditimbulkan oleh pengaruh interaksi antara proses fermentasi karena kemampuan aktivitas kapang untuk merombak, memecah dan mengkonversi masing-masing protein, karbohidrat dan lemak kompleks menjadi protein sederhana (peptida-peptida, asam-asam amino) dengan enzim protease, karbohidrat sederhana (fruktosa, glukosa, sukrosa) melalui enzim amilase dan lemak sederhana (asam-asam lemak, gliserol) menggunakan enzim lipase. Interaksi antara ketiga senyawa-senyawa tersebut akan menghasilkan produk hidrolisat protein nabati berbahan kacang hijau dengan citarasa, flavor dan aroma khas⁽⁶⁾. Selain mengandung citarasa, flavor dan aroma khas, produk fermentasi tersebut masih mengandung zat-zat pengotor yang harus dihilangkan tanpa merusak nilai gizi. Salah satu cara untuk mengatasi masalah tersebut digunakan proses pemisahan/pemurnian menggunakan membran^(4,7,8).

Penerapan teknologi membran dalam bidang pangan dan bioteknologi untuk berbagai proses, seperti pemisahan, pemurnian dan/atau pemekatan bervariasi dengan area penerapan sangat luas yang meliputi mikrofiltrasi (MF),

sangat luas yang meliputi mikrofiltrasi (MF), ultrafiltrasi (UF), nanofiltrasi (NF) dan hiperfiltrasi (HF)/osmosa balik (OB). Salah satu penerapan proses berbasis membran dalam bidang pangan adalah pemisahan/pemurnian hidrolisat protein nabati berbahan kacang hijau hasil fermentasi oleh kapang *Rhizopus* sp. menggunakan membran MF dengan aliran sejajar permukaan membran (cross-flow). MF yang beroperasi pada tekanan 0,5 – 5 bar merupakan suatu proses pemisahan hidrolisat protein nabati berbahan kacang hijau yang mengandung makrosolut, protein (asam-asam amino), karbohidrat (gula, glukosa), lemak (asam-asam lemak), senyawa pembentuk citarasa, flavor dan aroma serta mineral-mineral. Hasil membran MF yang memiliki pori-pori 0,05 – 2 μm berupa komponen produk yang tertahan pada permukaan membran sebagai retentat yang mengandung molekul-molekul makro solut berukuran partikel 0,1 – 10 μm dan komponen produk yang lolos melalui membran MF sebagai permeat yang mengandung protein (asam-asam amino) berukuran partikel 0,04 – 2 μm , karbohidrat dan lemak berukuran partikel 1 – 10 μm , gula (fruktosa, glukosa, sukrosa) memiliki ukuran partikel 0,8 – 2 μm , asam-asam organik serta senyawa pembentuk citarasa, flavor, aroma dan mineral memiliki ukuran partikel 0,001 – 0,01 μm ⁽²⁾.

Sistem pemisahan membran MF memiliki beberapa keunggulan, seperti tidak mengubah struktur molekul zat dan fasa, beroperasi tanpa pemakaian panas sehingga unsur-unsur nutrisi tidak rusak, menghemat energi karena energi hanya digunakan untuk memompa fluida, beroperasi pada temperatur ruang/rendah, tidak ada penambahan zat kimia selama proses pemisahan, perolehan hasil buangan minimal, mengolah bahan baku lebih banyak, memerlukan biaya lebih murah, memerlukan ruangan yang tidak luas, memerlukan biaya operasi lebih murah dan mengoperasikan lebih sederhana. Sedangkan,

kendala sistem membran MF yang tidak bisa dihindari adalah terjadinya fouling dan polarisasi konsentrasi pada permukaan dan matriks membran, konsentrasi solut dalam fluida terbatas, kisaran tekanan operasi untuk beberapa aplikasi terbatas dan membran belum dapat diproduksi di Indonesia sehingga industri yang menerapkan sistem membran ini masih harus mengimpor bahan membran⁽³⁾.

Aplikasi lain dari membran MF dalam bidang pangan sangat luas, yang meliputi produk fermentasi (antibiotik, suspensi sel, polisakarida, asam-asam organik, asam-asam amino, vinegar), enzim, produk fraksinasi (dekstrin, dekstran, protein), protein pangan (soya, putih telur, gelatin, susu, whey), gum pangan (pektin, agar, karagenan), minuman (saribuah, wine, bir, kopi, teh), gula (nira tebu, bit, hidrolisat pati, fruktosa), serta air limbah pangan (recovery zat warna)⁽⁶⁾. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari kondisi operasi pemurnian ekstrak kaldu kacang hijau hasil fermentasi kacang hijau oleh kapang *Rhizopus* sp-C1 dalam suasana brine melalui teknik membran MF sehingga dihasilkan hidrolisat protein nabati kacang hijau. Pengamatan dilakukan terhadap kinerja membran (nilai fluks permeat) serta konsentrasi padatan total, padatan terlarut, protein total, protein terlarut, N-amino dan garam dalam konsentrat/retentat dan permeat.

BAHAN DAN METODA

Bahan

Bahan yang digunakan pada pembuatan hidrolisat protein nabati kacang hijau berupa kacang hijau kasar hasil fermentasi, inokulum *Rhizopus* sp-C₁ (Pusat Penelitian Kimia – LIPI), beras, NaCl, bahan kimia dan 2 (dua) lembar membran mikrofiltrasi (MF) fluoro polymer berpori-pori 0,45 μm komersial (FSM-0.2-PP, DSS, Denmark). Membran MF ini memiliki luas permukaan aktif efektif 360 cm²/membran [6].

Peralatan

Peralatan yang dioperasikan pada penelitian ini berupa peralatan gelas, autoclave, oven, peralatan fermentasi dan ekstraksi, homogenizer, inkubator dan plate & frame type cross-flow membrane filtration modul (LabUnit M20, DSS, Denmark) yang dilengkapi dengan pompa tekanan tinggi jenis Positive Displacement Pump Rannie 25,38 dengan laju alir 3,5 - 15 L/menit. Arah aliran fluida sejajar (cross flow) melewati permukaan aktif membran. Tekanan operasi pompa maksimal 50 bar [6]. Untuk analisa N-Amino digunakan Instrument Spectrofotometer UV-1201.

Metoda

Pembuatan Ekstrak Kaldu Kacang Hijau

Pembuatan hidrolisat protein nabati kacang hijau dilakukan dengan mengekstraksi ekstrak kaldu kacang hijau kasar sebagai hasil brine fermentation dari kacang hijau oleh inokulum *Rhizopus* sp-C1 pada campuran 23 % inokulum, 51 % kacang hijau dan 26 % garam (NaCl). Ekstraksi dilakukan dengan penambahan air pada ratio ekstrak kaldu kacang hijau kasar (1 bagian) dan air (7 bagian) serta dihomogenisasikan pada 80 °C dan kecepatan putar 4500 rpm selama 20 menit. Ekstrak kaldu kacang hijau homogen difiltrasi melalui ayakan 200 mesh sehingga dihasilkan Filtrat I dan Ampas I. Ampas I yang terbentuk diekstraksi ulang dengan penambahan air pada rasio 1 bagian Ampas I dan 1 bagian air serta dihomogenisasikan pada 80 °C dan kecepatan putar 4500 rpm selama 20 menit. Ekstrak kaldu kacang hijau homogen difiltrasi melalui ayakan 200 mesh sehingga dihasilkan Filtrat II dan Ampas II. Filtrat I dan Filtrat II dicampur dan campuran filtrat ini digunakan sebagai feed pada pemurnian melalui membran MF.

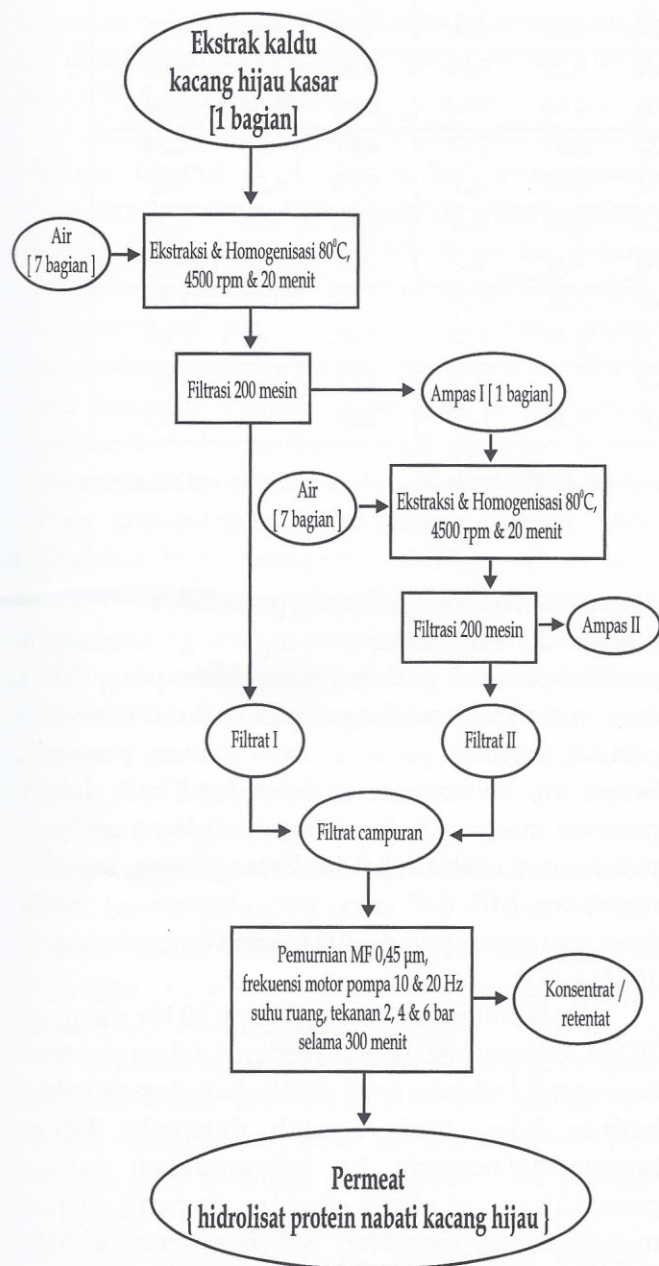
Pemurnian Ekstrak Kaldu Kacang Hijau oleh Membran MF Cross-flow

Fluida umpan berupa ekstrak kaldu kacang hijau (5 L) pada tanki umpan berkapasitas 9 L dipompakan berturut-turut melalui tabung saringan 200 µm, peralatan sistem penukar panas/dingin dan modul membran serta keluar melalui tempat pengeluaran retentat. Retentat kemudian disirkulasikan ke tanki umpan secara kontinue hingga sistem perpipaan benar-benar terisi oleh fluida. Selama proses pengembalian fluida umpan ke tanki umpan, air pendingin pada chiller bertemperatur 23 - 24 °C dialirkan ke peralatan sistem penukar panas/dingin selama beberapa saat hingga temperature fluida dalam tanki tetap stabil (± 25 °C). Setelah kondisi proses stabil, frekuensi motor pompa ditetapkan 10 Hz dan tekanan operasi diatur dengan mengatur katup retentat sampai alat penunjuk umpan dan retentat masing-masing menunjukkan 2 bar dan 2 bar. Rata-rata nilai penunjukkan tekanan retentat dan umpan merupakan tekanan operasi membran. Fluida yang lolos per satuan luas membran (permeat) dan keluar dari pembuluh permeat ditampung dan dicatat waktunya untuk menentukan nilai fluks permeat. Cara yang sama berlaku untuk frekuensi motor pompa 10 Hz dan tekanan operasi 4 bar dan 6 bar serta frekuensi motor pompa 20 Hz dan masing-masing tekanan operasi 4 bar dan 6 bar. Diagram alir proses pembuatan hidrolisat protein nabati berbahan kacang hijau terfermentasi dan pemisahan/pemurnian menggunakan membran MF ditunjukkan pada *Gambar 1*.

Pengamatan dan Analisa

Pengamatan dilakukan terhadap nilai fluks permeat. Analisa dilakukan terhadap konsentrat/retentat dan permeat sebagai hasil pemurnian hidrolisat protein nabati berbahan kacang hijau masing-masing pada frekuensi

motor pompa 10 dan 20 Hz serta tekanan operasi 2, 4 dan 6 bar yang meliputi padatan total (metoda Gravimetri), padatan terlarut (metoda refraktometri), protein total (metoda Kjeldahl), protein terlarut (metoda Lowry), N-amino (metoda Copper) dan garam (metoda konduktimetri)⁽⁹⁾.



Gambar 1. Diagram alir proses pembuatan hidrolisat protein nabati berbahan kacang hijau terfermentasi dan pemurnian menggunakan membran MF.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan terhadap kinerja membran (nilai fluks permeat) serta konsentrasi padatan total, padatan terlarut, protein total, protein terlarut, N-amino dan garam dalam permeat dan konsentrat/retentat pada proses pemurnian ekstrak kaldu kacang hijau melalui membran MF pada frekuensi motor pompa 10 dan 20 Hz, suhu ruang serta tekanan operasi 2, 4 dan 6 bar ditunjukkan pada *Tabel 1*.

Dari *Tabel 1* terlihat bahwa pada frekuensi motor pompa 10 Hz, semakin tinggi tekanan operasi akan meningkatkan nilai fluks permeat secara landai, namun pada frekuensi motor pompa 20 Hz, tekanan operasi yang tinggi akan meningkatkan nilai fluks permeat secara tajam. Pada frekuensi motor pompa 10 Hz, tekanan operasi 2, 4 dan 6 bar masing-masing memberikan nilai fluks permeat 29,01, 51,34 dan 54,84 L/m².jam, sedangkan pada frekuensi motor pompa 20 Hz serta tekanan operasi 2, 4 dan 6 bar masing-masing memberikan nilai fluks permeat 32,19, 51,96 dan 87,21 L/m².jam. Semakin tinggi tekanan operasi menyebabkan gaya dorong perpindahan massa pelarut murni (air) melalui pori-pori membran dari sisi umpan ke sisi permeat akan meningkat sehingga molekul air didalam membran tidak menghadapi hambatan dari perbedaan tekanan osmotik. Sedangkan pada frekuensi motor pompa 20 Hz, kenaikan nilai fluks permeat disebabkan oleh tekanan operasi yang berfungsi sebagai gaya dorong perpindahan massa pelarut meningkat sehingga pelarut mampu untuk lolos melalui pori-pori membran. Peningkatan frekuensi motor pompa dari 10 menjadi 20 Hz mampu menyapu partikel-partikel yang terakumulasi pada permukaan membran sehingga tidak menghalangi laju alir permeat melalui pori-pori membran.

Tabel 1. Hasil pengamatan fluks serta konsentrasi padatan total, padatan terlarut, protein total, protein terlarut, N-amino dan garam dalam permeat dan konsentrat/retentat.

No	Parameter	Frekuensi motor pompa, Hz	Hasil pengukuran					
			Permeat			Konsentrat/retentat		
			2 bar	4 bar	6 bar	2 bar	4 bar	6 bar
1	Fluks, L/m ² jam	10	29,01	51,35	54,84	-	-	-
		20	32,19	51,96	87,21	-	-	-
2	Padatan total %	10	2,89	3,43	4,32	4,11	4,21	6,01
		20	5,74	5,4	5,4	3,98	4,44	6,31
3	Padatan terlarut, %	10	5,04	5,29	5,54	5,54	5,54	6,05
		20	5,04	4 66	5 04	6 05	5 54	5 54
4	Protein total, %	10	3,37	3,91	3,62	4,07	5	4,24
		20	4,51	4,89	4,1	5,65	6,53	5,2
5	Protein terlarut, mg/mL	10	3,15	3,75	4,4	4,15	4,3	4,35
		20	4,05	4,6	4,2	5,3	4,4	4,6
6	N-Amino mg/mL	10	5,03	7,85	8,26	1,79	0,91	1,55
		20	10 77	9 48	8 34	0 95	1 44	1 69
7	Garam (NaCl), %	10	2,23	2,53	2,34	2,11	1,05	1,07
		20	2,2	2,24	1,69	2,04	1,08	2,15

Keterangan : pada proses pemurnian ekstrak kaldu kacang hijau melalui membran MF pada frekuensi motor pompa 10 dan 20 Hz, suhu ruang serta tekanan operasi 2, 4 dan 6 bar

Semakin tinggi tekanan operasi yang bekerja pada membran MF dengan frekuensi motor pompa 10 Hz untuk pemurnian ekstrak kaldu kacang hijau akan meningkatkan konsentrasi padatan total dalam permeat dan konsentrat/retentat. Konsentrasi padatan total dalam permeat dan konsentrat/retentat pada frekuensi motor pompa 10 Hz, suhu ruang serta tekanan operasi 2, 4 dan 6 bar masing-masing 2,89, 3,43 dan 4,32 % serta 4,11, 4,21 dan 6,01 %. Dari sini terlihat bahwa proses pemurnian ekstrak kaldu kacang hijau melalui membran MF pada frekuensi motor pompa 10 Hz berjalan efektif. Pada frekuensi motor pompa 20 Hz, semakin tinggi tekanan operasi pada membran MF akan menurunkan konsentrasi padatan total dalam permeat tetapi meningkat dalam konsentrat/retentat. Konsentrasi padatan total dalam permeat dan konsentrat/retentat pada frekuensi motor pompa 20 serta tekanan operasi 2, 4 dan 6 bar masing-masing 3,98, 4,44 dan 6,31 % serta 5,74, 5,4 dan 5,4 %. Dari sini terlihat bahwa konsentrasi padatan total dalam permeat lebih tinggi daripada dalam konsentrat/retentat. Hal ini

disebabkan oleh gaya dorong pada frekuensi motor pompa 20 Hz mampu mengurangi akumulasi partikel-partikel padatan total pada permukaan atas membran sehingga meloloskan sebagian partikel-partikel padatan total dalam permeat. Selain itu, konsentrasi padatan total baik dalam permeat maupun dalam konsentrat/retentat hasil pemurnian ekstrak kaldu kacang hijau melalui membran MF 0,45 µm yang beroperasi pada frekuensi motor pompa 20 Hz lebih tinggi daripada 10 Hz.

Pada frekuensi motor pompa 10 Hz maupun 20 Hz, konsentrasi padatan terlarut dalam permeat konsentrat/retentat hasil pemisahan ekstrak kaldu kacang hijau lebih rendah daripada dalam konsentrat/retentat. Ini menunjukkan bahwa pemisahan ekstrak kaldu kacang hijau menggunakan membran MF beroperasi efektif. Konsentrasi padatan terlarut dalam permeat dan konsentrat/retentat pada frekuensi motor pompa 10 Hz serta tekanan operasi 2, 4 dan 6 bar masing-masing 5,04, 5,29 dan 5,54 % serta 5,54, 5,54 dan 6,05 %. Dari sini terlihat bahwa proses pemisahan

ekstrak kaldu kacang hijau melalui membran MF pada frekuensi motor pompa 10 Hz berjalan efektif. Sedangkan pada frekuensi motor pompa 20 Hz, semakin tinggi tekanan operasi pada membran MF guna memisahkan ekstrak kaldu kacang hijau akan menurunkan konsentrasi padatan terlarut dalam permeat, namun meningkatkan dalam konsentrat/retentat. Konsentrasi padatan terlarut dalam permeat dan konsentrat/retentat pada frekuensi motor pompa 20 Hz serta tekanan operasi 2, 4 dan 6 bar masing-masing 5,04, 4,66 dan 5,04 % serta 6,05, 5,54 dan 5,54 %.

Pada frekuensi motor pompa 10 Hz serta tekanan operasi 2, 4 dan 6 bar memberikan konsentrasi total protein dalam permeat masing-masing 3,37, 3,91 dan 3,62 % serta dalam konsentrat/retentat masing-masing 4,07, 5 dan 4,24 %. Sementara pola dan kecenderungan sama ditunjukkan pada frekuensi motor pompa 20 Hz serta tekanan operasi 2, 4 dan 6 bar yang memberikan konsentrasi total protein dalam permeat masing-masing 4,51, 4,89 dan 4,10 % serta dalam konsentrat/retentat masing-masing 5,65, 6,53 dan 5,20 %. Konsentrasi total protein dalam permeat hasil pemurnian ekstrak kaldu kacang hijau menggunakan membran MF pada frekuensi motor pompa 20 Hz lebih rendah daripada dalam permeat. Hal ini disebabkan oleh gaya dorong yang bekerja pada frekuensi motor pompa 20 Hz memiliki kemampuan untuk mencegah terakumulasinya partikel-partikel total protein pada permukaan membran lebih besar daripada 10 Hz, dimana partikel-partikel total protein itu kembali ke larutan umpan/konsentrat/retentat sehingga konsentrasi total protein dalam konsentrat/retentat menjadi tinggi.

Tekanan operasi yang semakin tinggi dengan frekuensi motor pompa 10 Hz pada pemurnian ekstrak kaldu kacang hijau melalui membran MF 0,45 μm akan meningkatkan konsentrasi protein terlarut baik dalam permeat maupun konsentrat/retentat. Hasil pemurnian ekstrak kaldu kacang hijau melalui membran MF 0,45 pada frekuensi motor pompa 10 Hz serta tekanan operasi 2, 4 dan 6 bar berupa permeat dengan konsentrasi protein terlarut masing-masing 3,15, 3,75 dan 4,4 mg/mL, serta dalam konsentrat/retentat masing-

masing 4,15, 4,3 dan 4,35 mg/mL. Sedangkan pada frekuensi motor pompa 20 Hz serta tekanan operasi 2, 4 dan 6 bar memberikan konsentrasi protein terlarut dalam permeat dan konsentrat/retentat berfluktuasi. Konsentrasi protein terlarut dalam permeat masing-masing 4,05, 4,6 dan 4,2 mg/mL, serta dalam konsentrat/retentat masing-masing 5,3, 4,4 dan 4,6 mg/mL.

Konsentrasi N-Amino dalam permeat hasil pemurnian ekstrak kaldu kacang hijau lebih tinggi daripada konsentrat/retentat baik pada frekuensi motor pompa 10 maupun 20 Hz. Konsentrasi N-Amino dalam permeat pada frekuensi motor pompa 10 Hz serta tekanan operasi 2, 4 dan 6 bar masing-masing 5,03, 7,85 dan 8,26 mg/mL, serta dalam konsentrat/retentat masing-masing 1,79, 0,91 dan 1,55 mg/mL. Sementara konsentrasi N-Amino dalam permeat pada frekuensi motor pompa 20 Hz serta tekanan operasi 2, 4 dan 6 bar masing-masing 10,77, 9,48 dan 8,34 mg/mL, serta dalam konsentrat/retentat masing-masing 0,95, 1,44 dan 1,69 mg/mL. Ini menunjukkan bahwa N-Amino dalam permeat yang lolos melalui pori-pori membran MF relatif tinggi. Seperti diketahui bahwa asam-asam amino memiliki ukuran partikel 0,04 - 2 μm , sementara ukuran pori-pori membran MF 0,45 μm .

Pemurnian ekstrak kaldu kacang hijau melalui membran MF 0,45 μm pada frekuensi motor pompa 10 dan 20 Hz serta tekanan operasi 2, 4 dan 6 bar menunjukkan bahwa konsentrasi garam dalam permeat lebih tinggi dari pada dalam konsentrat/retentat. Konsentrasi garam dalam permeat baik pada frekuensi motor pompa 10 maupun 20 Hz serta tekanan operasi 2, 4 dan 6 bar masing-masing 2,23, 2,53 dan 2,34 % serta 2,2, 2,24 dan 1,69 %. Sedangkan konsentrasi garam dalam konsentrat/retentat pada frekuensi motor pompa 10 dan 20 Hz serta tekanan operasi 2, 4 dan 6 bar masing-masing 2,11, 1,05 dan 1,07 % serta 2,04, 1,08 dan 2,15 %. Ini menunjukkan bahwa konsentrasi garam dalam permeat yang lolos melalui membran MF masih tinggi.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Secara teknis, membran MF berukuran pori-pori 0,45 μm mampu diterapkan untuk pemisahan/pemurnian ekstrak kaldu kacang hijau.
2. Hasil pemisahan ekstrak kaldu kacang hijau melalui membran MF memberikan konsentrasi total padatan, total protein dan protein terlarut dalam konsentrat/retentat lebih tinggi daripada dalam permeat.
3. Frekuensi motor pompa yang berkaitan dengan laju alir bahan mempengaruhi performance membran, seperti nilai fluks permeat dan kemampuan pemisahan.
4. Konsentrat/retentat sebagai hidrolisat protein nabati terbaik hasil MF ekstrak kaldu kacang hijau terfermentasi oleh *Rhizopus* sp-C1 pada frekuensi motor pompa 20 Hz dan tekanan operasi 2 bar memberikan nilai fluks permeat 32,19 L/m².jam dengan konsentrasi total padatan 5,74 %, padatan terlarut 5,04 %, total protein 4,51 %, protein terlarut 4,05 mg/mL, N-amino 1,08 mg/mL dan garam 2,2 %, sedangkan konsentrat/ retentat mengandung total padatan 3,98 %, padatan terlarut 6,05 %, total protein 5,65 %, protein terlarut 5,3 mg/mL, N-amino 0,95 mg/mL dan garam 2,04 %.
5. Guna memperoleh konsentrasi total padatan, padatan terlarut, total protein, protein terlarut, N-amino dan garam dalam permeat secara maksimal perlu diterapkan membran MF berukuran pori-pori lebih besar daripada 0,45 μm karena dalam proses pemurnian yang diperlukan hanya permeat, sedangkan konsentrat/retentat bisa digunakan untuk produk olahan pangan lainnya.
6. Untuk mengurangi dan mengeliminasi garam dalam permeat (hidrolisat protein nabati kacang hijau), perlu dilakukan proses pencucian permeat melalui teknik diafiltrasi (DF) menggunakan membran.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pejabat Pembuat Komitmen, Program Bidang Bahan Alam, Pangan dan Farmasi, Pusat Penelitian Kimia – LIPI, Kawasan PUSPIPTEK, Serpong, Tangerang,

atas diikutsertakan kegiatan ini di dalam DIPA, Tahun Anggaran 2005. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Dra. Yetty Mulyati Iskandar, M. Si., atas bantuan starter inokulum *Rhizopus* sp-C1 dan Sdri. Fatia Hartianty atas bantuan teknisnya sehingga kegiatan ini dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

1. Mohd. Harisudin. 2004. Peluang kacang hijau (*Phaseolus radiatus* L.) sebagai diet manula, Prosiding Seminar Nasional Pangan Fungsional Indigenous Indonesia : Potensi, Regulasi, Keamanan Efikasi dan Peluang Pasar, Puslitbang Sosek Pertanian, Balitbang Pertanian, Departemen Pertanian, 33.
2. Richard D. Noble and S. Alexander Stern. 1999. Membrane Separations Technology : Principles and Applications, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, 362.
3. Keith Scott. 1998. Handbook of Industrial Membranes, 2nd. Edition, Elsevier Advanced Technology, Oxford, 727.
4. A. S. Grandison and M. J. Lewis. 1996. Separation Processes in the Food and Biotechnology Industries : Principles and Applications, Technomic Publishing Co., Inc., Lancaster, 126.
5. L. J. Manak, J. T. Lawhon and E. W. Lusas. 1980. Functioning Potential of Soy, Cottonseed and Peanut Protein Isolates Produced by Industrial Membrane Systems, Journal of Food Science, Vol. 45, 236.
6. Anonim. 2000. Operating Manual DSS LabUnit M20, Danish Separation Systems AS, Denmark.
7. H. V. Adikane, R. K. Singh and S. N. Nene. 1999. Recovery of Penicilin G from Fermentation Broth by Microfiltration, Journal of Membrane Science, 162, 119.
8. Stephen Mbiti-Mwikya, Wilfrid Ooghe, John van Camp, Delphin Ngundi and Andre Huyghebaert. 2000. Amino Acid Profiles after Sprouting, Autoclaving and Lactic Acid Fermentation of Finger Millet (*Eleusine Coracan*) and Kidney Beans (*Phaseolus vulgaris* L.), Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48, 3081.
9. AOAC. 1995. Official Methods of Analysis, Association of Official Methods Analytical Chemistry, Washington D.C.